褐根病之發生、診斷鑑定及防治

蔡志濃[1,3]、安寶貞[1]、謝文瑞[2]

[1] 行政院農業委員會農業試驗所

[2] 國立中興大學植物病理學系

[3] 聯絡作者，電子郵件信箱：tsaijn@tari.gov.tw

摘　　要

近年來，台灣許多重要經濟果樹、觀賞植物與林木常發生生長衰退、落葉、萎凋而終至枯死之現象。已證實主要原因為罹患褐根病(brown root rot)，病害由 *Phellinus noxius* (Corner) G. H. Cunningham 引起。*Phellinus* spp. 分類地位屬擔子菌門，層菌綱(*Hymenomycetes*)，無褶菌目(*Aphyllophorales*)，刺革菌科(*Hymenochaetaceae*)，木層孔菌屬(*Phellinus*)。在分類上分為 5 個群(group)，目前有 154 個種(species)和 67 個變種(form and varieties)。本菌菌絲不具扣子體，在馬鈴薯葡萄糖瓊脂（PDA）上生長時，菌絲初為白色，而後轉成深淺不規則之褐色塊狀。部份菌絲會斷裂成斷生孢子(arthrospores)或特化成褐色的鹿角菌絲（trichocyst），生長溫度為 10～36 ℃，最適生長溫度為 28～32 ℃，最適生長酸鹼值為 pH 4.5～7.0。*P. noxius* 在自然界於感染的植物上很少形成子實體，於發現之寄主中僅在九種寄主植物上發現子實體，分別為龍眼、荔枝、番荔枝、木麻黃、鳳凰木、樟樹、榕樹、印度橡膠樹及山刈葉等，子實體為不規則之覆瓦狀，反轉孔面朝上，菌絲層初為乳白色至黃褐色，而後褐化成黑褐色或深灰褐色。擔孢子無色透明、單室、橢圓形，大小 3.8-6.3 x 1.5-5.0 µm。褐根病的病徵可分為慢性與急性立枯兩種，與其他病菌引起的立枯病徵相似；而根部病徵特異，罹病木材變褐色，腐朽後並長出褐色網狀線紋。病根的表皮上覆有褐色菌絲塊，並黏沾土塊石粒，故稱為褐根病。褐根病菌為多犯性，寄主範圍廣泛，在台灣之寄主記錄超過 130 餘種，無論是果園、觀光區、校園、行道樹、

或是住家庭院，經常可見到該病害的蹤影。褐根病主要靠健康根與病根的接觸、種苗帶菌、或帶菌病土傳播，病菌可在殘根中存活 5-10 年以上。1991-2006 年自台灣各地的 33 種寄主植物收集到 80 株 *P. noxius* 菌株。經 rDNA 序列分析比對發現，主要分為 2 種序列型態，63 個菌株為 type L，序列長度為 614 bp 以及 17 個菌株為 type S 長度 606 bp。在菌株親緣分析方面：*P. noxius* 各菌株間之親緣性距離較近，相同度(identity)皆在 99%以上。進一步依據 ITS 區域設計專一性引子對，正向引子 PN-1F (5’-agtttgcgctcatccatctc-3’) 和反向引子 PN-2R (5’-agccgacttacgccagcag-3’)，利用 PCR 技術針對供試之 *P. noxius* 菌株進行分子診斷，均可增幅出 414 bp 或 422 bp 長度之序列片段；其它菌株皆無法增幅出任何片段，且靈敏度可達 0.01 ng。進一步以龍眼樹及相思樹根部組織進行田間試驗，亦可在罹病植株增幅出預期之片段。因此本研究所設計之引子對 PN-1F/PN-2R 能用來快速診斷褐根病與輔助鑑定 *P. noxius*。試驗室篩選 45 種藥劑，選出抑制褐根病菌菌絲生長較佳之藥劑七種，包括滅普寧(Mepronil)、普克利(Propiconazole)、三泰芬(Triadimefon)、撲克拉(Prochloraz)、佈生(TCMTB)、依滅列(Imazalil)、三得芬(Tridemorph)等。另外利用尿素 3000 ppm 及淹水處理亦能有效防治褐根病。於南投水里地區一發病的葡萄園進行田間試驗，處理方法為，每株 3 年生的葡萄灌注三泰芬＋尿素＋碳酸鈣、撲克拉＋尿素＋碳酸鈣溶液，每種藥劑的用量均為每株 10 g，將藥劑溶水中，沿根圈樹冠灌注，每三個月灌注一次，防治效果顯著。

關鍵詞：褐根病、生態、防治策略、*Phellinus noxius*

緒　　言

褐根病為亞洲、非洲、大洋洲及澳洲熱帶與亞熱帶地區果樹、特用作物及林木重要之根部病害，病原菌危害根部，造成根部腐敗無法輸送水分，而導致全株萎凋枯死。在非洲主要危害之經濟作物為橡膠樹(*Hevea brasiliensis*)[38]；在東南亞主要危害之作物為橡膠樹、茶樹[17,36]、油椰子、椰子及相思樹[13]等；在大洋洲主要危害作物為大葉合歡、洋蹄甲、木麻黃、

非洲刺桐、白皮銀合歡、緻楊、麵包樹及柑橘等[32]；在台灣於 1928 年澤田兼吉 (Sawada) 報導在樟樹、龍眼、月橘等作物有 *Fomes lamaoensis* (Murr.)Sacc. et Trott.所引起之立枯病，其病徵之描述與由 *Phellinus noxius* (Corner) G. H. Cunningham 所引起之褐根病病徵非常相似。國外褐根病寄主主要為林木及特用作物；在台灣，雖然早在 1928 年澤田兼吉就有記錄，但之後並無研究人員從事相關之研究，直到 1985 年農業試驗所安寶貞博士及夏威夷大學柯文雄教授於台灣南部發現很多龍眼樹立枯死亡，經分離、培養及接種試驗，證明龍眼之枯死係罹患褐根病，而病原菌名稱於 1990 年才經由柯文雄教授及林業試驗所張東柱博士鑑定為 *P. noxius*。有關褐根病之研究報告，國外大多為病原菌之記錄，對於生態及病害防治未有深入研究；而台灣則於 1990 年後才陸續有褐根病菌之寄主報告，及有關生態與防治之初步研究報告。近幾年來，台灣許多林木、木本觀賞植物及經濟果樹備受褐根病菌之威脅，已逐漸受到重視，因此，褐根病菌之生態及病害防治，更應有深入之研究。

病原菌之分類地位及特性

新加坡學者 Corner 於 1932 年首先命名褐根病菌為 *Fome noxius* Corner[25]，至 1965 年學者 Cunningham 重新命名為 *Phellinus noxius*[26]，本病原菌之同物異名有 *Hymenochaete noxia* Berk. ex Cke、*Poria setulosocrocea* Clel. et Rodw、*Poria cacao* Pat.、*Fomes cacao* Pat.、*Fomes lamaoensis* 及 *Fomes noxius* 等。*P. noxius* 的分類地位為擔子菌門(*Basidiomycota*)，層菌綱(*Hymenomycetes*)，無褶菌目(*Aphyllophorales*)，刺革菌科(*Hymenochaetaceae*)，木層孔菌屬(*Phellinus*)。*Phellinus* 屬以剛毛(setae)的有無及擔孢子的顏色分為 5 群(group)，目前有 154 個種和 67 個變種(form and varieties)，*P. noxius* 屬於第 1 群。刺革菌科的主要特徵為菌絲不具扣子體(clamp connection)，不具有菌褶(gill)，且本科包含之所有菌皆為木材白色腐朽菌(white rotter)，本科共有 10 個屬，木層孔菌屬為刺革菌科最大的屬，多數營腐生或具有弱病原性，少數菌種具有較強之病原性，如 *P. noxius*、*P. pini*

及 *P. weirii* 等。

P. noxius 菌絲為二次元菌絲(secondary mycelium)，含有不具扣子體的生長菌絲(generative hyphae)及骨骼菌絲(skeletal hyphae)，生長菌絲直徑為 2-4 μm，無色至黃色，骨骼菌絲為黃褐色至深褐色，直徑 3-6 μm。本菌在馬鈴薯葡萄糖瓊脂培養基（PDA）上生長時，菌落初為白色，而後轉成深淺不規則之褐色塊狀(圖一)。部份菌絲會斷裂成斷生孢子(arthrospore) (圖二)或特化成褐色的鹿角菌絲（trichocyst）(圖三)，生長溫度為 10～36 ℃，最適生長溫度為 28～32 ℃，最適生長酸鹼值為 pH 4.5～7.0[3,12]。*P. noxius* 在自然界感染的植物很少形成子實體，於發現之寄主中僅在九種寄主植物發現子實體，分別為龍眼、荔枝、番荔枝、木麻黃、鳳凰木、樟樹、榕樹、印度橡膠樹及山刈葉等，子實體為不規則之覆瓦狀，反轉孔面朝上，於子實體菌絲層初為乳白色至黃褐色，而後褐化成黑褐色或深灰褐色，子實體表面滴上 3-5% KOH，將會變為黑色。擔孢子無色透明、單室、橢圓形，大小 3.8-6.3 x 1.5-5.0 μm [14]。在木層孔菌屬中，目前僅知 *P. noxius* 可在人工培養基中形成鹿角菌絲和斷生孢子，因此可做為本菌的鑑定依據。在病組織上可發現鹿角菌絲，但未發現斷生孢子。

寄主及地理分佈

褐根病的病徵可分為慢性與急性立枯兩種，從黃化到整株枯死只需一至三個月者，屬於急性立枯(圖四)，造成急性立枯的主要原因為 *P. noxius* 危害樹木的輸導組織，導致水份及養份之輸送受到阻礙而死亡，與其他病菌如白紋羽病菌(*Rosellinia necatrix*)及靈芝病菌(*Ganoderma* spp.)引起的立枯病徵相似；但根部病徵特異，罹病木材變褐色，腐朽後並長出褐色網狀線紋(圖五)，病根的表皮上覆有褐色菌絲塊(圖六)，並黏沾土塊石粒。褐根病菌為多犯性，寄主範圍廣泛，早期 Sawada 記錄台灣有 18 種寄主[10,11,12]，目前全世界超過 200 餘種，在國外主要危害咖啡[31]、茶[36]、油椰子、破布子[39]、橡膠樹[38]、可可[27]、樹豆[28]、松樹[18]等；在台灣之寄主記錄超過 120 餘種，涵蓋多種果樹、觀賞植物與林木[19,20,21,23]。危害果樹之記載，於國外

僅有柑橘[32] 及可可[27]；在台灣則有山刺番荔枝、番荔枝、鳳梨釋迦、波羅蜜、楊桃、柑橘、龍眼、柿樹、橄欖、枇杷、愛玉子、荔枝、馬拉巴栗、酪梨、梅、桃、櫻花、梨、蘋婆、蓮霧、葡萄等 21 種(表一)。該病害主要分佈於熱帶與亞熱帶地區，包括東南亞、非洲、加勒比海、大洋洲、澳洲、海南島及琉球，台灣主要分佈於中、南部及東部地區，海拔 1000 公尺以下之山坡地與平原，無論是果園、觀光區、校園、行道樹、或是住家庭院，經常可見到該病害的蹤影。林試所張氏報導分離自 12 種寄主之 *P. noxius*，將每一菌株都接種到 12 種寄主，發現都可引起 12 種植物發病，此結果顯示 *P. noxius* 不具寄主專一性。

生理及生態

P. noxius 於 PDA 培養基上測定，最適生長酸鹼值為 pH 4.5～7.0，檢測罹患褐根病寄主植物根圈土壤之酸鹼值，結果顯示土壤 pH 值於 4-9 均可發現褐根病，其中以 pH 5-8 的比例較多[24]。*P. noxius* 能分泌纖維分解酵素及木質分解酵素[29]，造成木材白腐。

褐根病發病地區常發現病害自一發病中心逐漸向四周擴散，此現象顯示褐根病的傳播主要經由根部接觸由病根傳給健根，雖然有報導證明擔孢子可以成功感染植物，但因 *P. noxius* 在自然界不易形成子實體，因此經由擔孢子做長距離傳播的機會較少，依據夏威夷大學柯氏報告，種苗帶菌為長距離傳播的主要方式之一，褐根病主要靠健康根與病根的接觸、種苗帶菌、或帶菌病土傳播，病菌可在殘根中存活 5-10 年以上。林試所張氏調查田間瓊崖海棠、木麻黃及樟樹之殘根，發現死亡後一年至十年的病根均可以分離到 *P. noxius*，死亡時間愈短，病原存活的比例愈高，死亡十年後之木麻黃病根仍有 50 %以上的存活率，可見 *P. noxius* 危害作物的殘根可以在土壤內長期的存活。林試所張氏曾於溫室中，將感染 *P. noxius* 的木材、斷生孢子、擔孢子及菌絲放入不同含水率的土壤中，斷生孢子和擔孢子在五個月後，於各種含水率的處理中，皆無法檢測到 *P. noxius* 的存在，菌絲則在 12 個星期後，於各種含水率的處理中無法檢測到 *P. noxius* 的存在，且含水

率愈高，其存活時間愈短(24)。感染 *P. noxius* 的木材除浸水處理外，經過二年仍有高達 80 ％以上的存活率，但浸水之木材，一個月後則無法檢測到 *P. noxius* 的存活。*P. noxius* 在浸水狀態下的殘根存活能力較差，在含水較少的狀態下殘根存活時間較長。

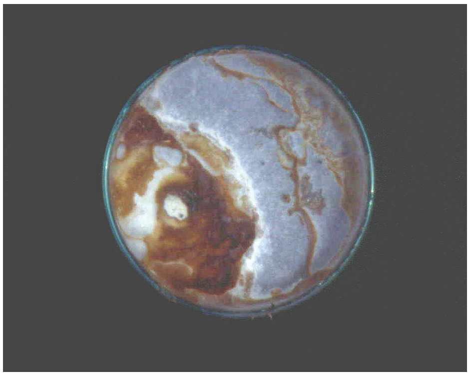
表一、*Phellinus noxius* 在世界上之果樹寄主記錄

Table 1. List of fruit tree host records of *Phellinus noxius* in the world

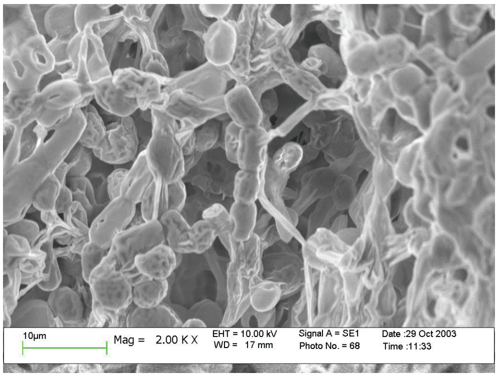
Scientific name (common name)	Reported in Taiwan	Citation
Annona Montana (mountain soursop)	+[1]	1,2
Annona squamosa (custard apple)	+	3,6,16
Annona squamosa x *A . chrrimola* (atimoya)	+	U[2]
Artocarpus heterophyllus (jack fruit)	+	24
Averrhoa carambola (carambola)	+	2
Citrus poonensis (mandarin orange)	+	5,32
Dimocarpus longan (longan)	+	8,10,14,15
Diospyros kaki (persimmon)	+	3,16
Elaeocarpus serratus (Ceylon olive)	+	24
Eriobotrya japonica (loquat)	+	16
Ficus pumila var. awkeotsang (jellyfig)	+	4,6,16
Litchi chinensis (litchi)	+	16
Muntingia calabura (Indian cherry)	+	U
Ochroma pyramidale (cocoa)	-	27
Pachira macrocarpa (Malabar chestnut)	+	2
Persea americana (avocado)	+	5
Prunus mume (Japanese apricot, plum)	+	7,16
Prunus persica (peach)	+	2
Pyrus pyrifolia (pear)	+	16
Sterculia nobilis (ping-pong)	+	2
Syzygium samarangense (wax apple)	+	14,16
Vitis vinifera (grape)	+	1,16

[1] +: reported in Taiwan; -: not reported in Taiwan.

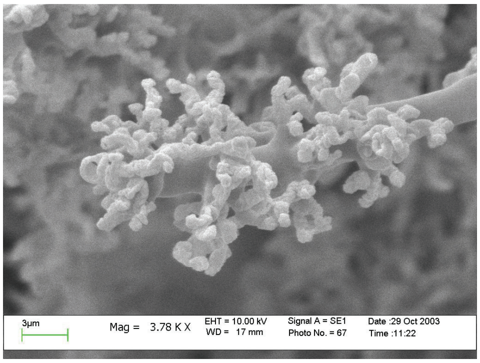
[2] U: unpublished.



圖一、*Phellinus noxius* 在馬鈴薯葡萄糖瓊脂培養基（PDA）上之菌落形態。
Fig. 1. Colony of *Phellinus noxius* on potato dextrose agar (PDA).



圖二、*Phellinus noxius* 在馬鈴薯葡萄糖瓊脂培養基（PDA）上產生斷生孢子。
Fig. 2. Arthrospores of *Phellinus noxius* produced on potato dextrose agar (PDA).



圖三、*Phellinus noxius* 在馬鈴薯葡萄糖瓊脂培養基（PDA）上產生毛狀菌絲。
Fig. 3. Trichocysts of *Phellinus noxius* on potato dextrose agar (PDA).

圖四、*Phellinus noxius* 危害造成荔枝植株立枯死亡。
Fig. 4. A litchi tree killed by *Phellinus noxius*.

圖五、*Phellinus noxius* 危害龍眼樹根部組織腐朽後，長出褐色網紋狀菌絲束。
Fig. 5. Brown mycelial strings of *Phellinus noxius* permeated on a decomposed wood tissue of longan.

圖六、感染 *Phellinus noxius* 之龍眼根部長出病菌褐色菌絲塊。
Fig. 6. Outer surface of an infected longan root tissues with brown mycelial mats of *Phellinus noxius*.

褐根病診斷鑑定技術

雖然，褐根病為造成台灣樹木死亡的第一要因，然而引起樹木死亡的其他原因眾多，經常造成誤判的情形，影響病害的及時防治。因此研發出簡單的診斷鑑定方法如下：(依序)

1. 樹木出現急性或慢性立枯症狀。觀察樹冠基部與裸露之根系，如果長出褐色菌體，即可斷定罹患褐根病。如無，進行 2 之步驟。
2. 挖開土壤，如果樹根上長有褐色菌體，剝去樹皮後，組織上有網紋狀菌絲束，即可斷定罹患褐根病。如無進行 3 之步驟。
3. 將罹病根切 (鋸) 下一段，對半劈開，密封於塑膠袋內，於室溫下(25-30℃) 經過 1-2 天，如為褐根病病根，組織表面會長出褐色菌體，即可斷定為褐根病。
4. 進行病組織分離工作。
5. 褐根病菌 *Phellinus noxius* 檢測用專一性引子對之開發：

以分離培養之 *Phellinus noxius*、*Phellinus aplahynus*、*Phellinus gilvus* 、*Phellinus laevlgatus*、*Phellinus hoehnelii*、*Phellinus igniarius*、*Phellinus lnermis*、*Phellinus mombranaceus*、*Kretzchmaria* spp.、*Ganoderma australe*、*Ganoderma tropicum*、*Rosellinia necatrix*、*Phytophthora paracitica* 及 *Sclerotium rolfsii* 等菌株的 genomic DNA，應用聚合酵素連鎖反應技術 (polymerase chain reaction, PCR)，以通用性引子對 ITS1/ITS4 增幅核醣體核酸 (ribosomal DNA, rDNA) 之內轉錄區間 ITS1/5.8S/ITS2 之基因序列，經解序及多重序列比對後，依據 *P. noxius* ITS 區域之相同序列處設計出專一性引子對，正向引子 PN-1F (5’-agtttgcgctcatccatctc-3’)，反向引子 PN-2R (5’-agccgacttacgccagcag-3’)。應用 PN-1F/PN-2R 專一性引子對進行 PCR 反應，對供試之 *P. noxius* 菌株均可增幅出 414 bp 或 422 bp 長度之序列片段；而供試之其它菌株，皆無法增幅出任何片段。此專一性引子對偵測 *P. noxius* 之 DNA 時，靈敏度可達 0.01 ng。以相同之引子對進行 PCR 反應，偵測罹病之龍眼樹及相思樹根部組織，亦可增幅出預期之片段。因此本研究所設計之引子對 PN-1F/PN-2R 能用來快速診斷褐根病與輔助鑑定 *P. noxius*。

防治策略

國外曾有研究報導，土壤根圈中的放線菌(Actinomycetes)[34]和 *Trichoderma* spp.[33]可以抑制 *P. noxius* 菌絲的生長，但沒有進一步的試驗應用，主要防治方法還是以化學藥劑為主；另外亦曾報導以農藥三得芬(tridemorph)、平克座(penconazole)及三泰隆(triadimenol)，可有效抑制 *P. noxius* 菌絲生長[30,35]。另外利用尿素 3000ppm[22]及淹水處理[24]亦能有效防治褐根病。筆者實驗室篩選 45 種藥劑，選出抑制褐根病菌菌絲生長較佳之藥劑七種，包括滅普寧(Mepronil)、普克利(Propiconazole)、三泰芬(Triadimefon)、撲克拉(Prochloraz)、佈生(TCMTB)、依滅列(Imazalil)、三得芬(Tridemorph)等[9]，並於南投水里地區一發病的葡萄園進行田間試驗，處理方法為，每株 3 年生的葡萄灌注三泰芬＋尿素＋碳酸鈣、撲克拉＋尿素＋碳酸鈣溶液，每種藥劑的用量均為每株 10 g，將藥劑溶水中，沿根圈樹冠灌注，每三個月灌注一次，防治效果顯著(未發表)。綜合上述之生理、生態特性及藥劑試驗，褐根病防治策略如下：1.新墾殖地或重植時，須以挖土機清除所有根系(包括健康者)，避免殘根成為病菌之食物基質，誘發病害。2.發病區處理：(1)罹病嚴重者須掘除，以挖土機將病根完全挖除後燒毀，同時在病株與健株間挖掘深溝以阻隔病原；重植時，土壤須經消毒處理，或以其他無病地區的土壤置換。(2)周圍之健株與罹病輕微者，施用尿素、鈣化合物以增加植株抵抗力。將撲克拉或三泰芬稀釋 1000 倍後，每三個月灌注根部一次。(3)以割草機除草時，切記勿傷及根冠與樹根，以避免機械將病菌帶入傷口，造成感染。3.廢耕區可進行一個月以上的浸水處理。

結　　論

本省多種果樹，多年來，經常發生生長衰退、落葉、萎凋而終至枯死之現象，病因多而複雜。Sawada 1928 年[10] 與農業要覽 1965 年[8] 曾分別記錄本省龍眼及木本植物被 *F. lamaoensis* （即目前之 *Phellinus lamaoensis* (Murr.) Heim.) 感染罹患立枯病。當時 Sawada 對病原菌並無描述，亦無進

行任何接種試驗。而後，他在 1942 年[11]與 1943 年[12]分別記載一種菊花木屬(*Bauhinia* sp.)植物與咖啡之立枯病，對採集之病菌與子實體有描述，認為病原菌應為 *Fomes noxius* （即目前之 *P. noxius* ），也自認為該菌即為 *F. lamaoensis* 之同種異名（synonym）。但他對以前之病害病原並無更正或說明。*Phellinus noxius* 與 *P. lamaoensis* 並不是同種異名。兩者雖均可引起植物褐根病，均屬 *Phellinus* 屬，但兩者之差異[26,40]為 *P. noxius* 之 tramal setal hyphae 的長度較長，可達 500-600 µm (*P. lamaoensi*s 者在 300 µm 以下)；且寬度較寬，可達 12-14 µm (*P. lamaoensi*s 者在 9 µm 以下)；hymenial seta 不存在或圓柱形 (*P. lamaoensi*s 者為彎曲狀)；有性世代擔孢子為無色透明(*P. lamaoensi*s 者在老化後有色素沈澱)。台灣分離之褐根病菌菌株均屬 *P. noxius*，目前 *P. lamaoensis* 並不存在台灣。褐根病在台灣早期即有記錄，但由於鑑定依據主要根據有性世代之形態特性，然而 *P. noxius* 之子實體在田間很少發現，因此最初對病原菌之分類鑑定十分困難。直到 Ann & Ko[14] 接受中興大學韓又新教授之建議，利用木屑太空包培養菌株使褐根病菌產生有性世代，才得以完成本菌之鑑定。

引起台灣果樹立枯死亡之木材根部腐朽菌有數種[5]，如白紋羽病菌(*R. necatrix*)、靈芝(*Ganoderma* spp.)及 *Kretzchmaria clavus* (Fr.) Sacc.等，其引起植株之立枯病徵與褐根病相似，但在根部之病徵上則有明顯差異，褐根病菌危害會有褐色菌絲塊及褐色網紋狀之菌絲束，而其它三種則是白色菌絲及黑色線紋，以目前台灣病害發生情形，此三種皆不如褐根病普遍與嚴重，目前 *P. noxius* 已成為本省果樹與樹木根部的最重要病原菌之一。*P. noxius* 之寄主範圍與分佈十分廣泛，分佈於中南美洲、非洲、亞洲、及澳洲等熱帶與亞熱帶地區，寄主作物超過 200 種以上，而且，不同寄主分得之褐根病病原菌可以互相感染其他寄主，尚未發現菌株間有明顯寄主分化之現象[37]，但是菌株間之毒力(virulence)略有強弱差異，尤其菌株對其分離之寄主之毒力似乎較強[16]。

雖然對褐根病之特性已有相當瞭解，但因無抗病品種，目前褐根病之防治，利用浸水一個月可殺死土壤中存活於木材之 *P. noxius*，但是有很多褐根病發生在山坡地無法浸水，因此，還是以藥劑防治為主。*P. noxius* 在自然

界不易產生子實體，可免除擔孢子藉由風傳播之危險性，但必須注意種苗帶菌及土壤帶菌與否。褐根病之防治要領，預防重於治療， 一旦植株出現病徵，根部已有 50 %以上受害，不容易根治病害。因此，發展偵測技術相當重要，在病徵尚未出現之前若能提早偵測出病原，必能達到事半功倍之效果。褐根病在熱帶與亞熱帶地區造成嚴重之病害，而且也是目前台灣中、低海拔果樹及林木主要根部病害之一，但研究褐根病之報告並不多，期望將來有更多研究人員，從事 *P. noxius* 之相關研究，提供較有效率之病害防治策略。

引用文獻

1. 安寶貞、李惠鈴、黃德昌.1996. *Phellinus noxius* 引起園藝作物褐根病之新記錄與園藝作物對本菌之抗性檢定. 植病會刊 5:201(摘要)。
2. 安寶貞、李惠鈴、蔡志濃. 1999. *Phellinus noxius* 引起果樹及觀賞植物褐根病之調查. 植病會刊 8:61-66。
3. 安寶貞 柯文雄. 1994. 果樹褐根病之生態與防治研究. 植病會刊 3:69(摘要)。
4. 安寶貞、蔡志濃、王姻婷、謝美如. 1999. 果樹及觀賞植物對 *Phellinus noxius* 之抗感病性檢定. 植病會刊 8:51-60。
5. 安寶貞、蔡志濃、張東柱、王姻婷. 2005. 台灣果樹及觀賞植物立枯型病害之調查與病菌之田間分布. 植病會刊 14: 203-210。
6. 李惠鈴、黃德昌. 1991.番荔枝萎凋病之研究初報.植保會刊 33:433(摘要)。
7. 張東柱. 1991. *Phellinus noxius* 引起數種木本植物根腐與頸腐. 植保會刊 33:432(摘要)。
8. 無名氏. 1965. 龍眼立枯病. Page 255. & 茶樹褐根病. Page 141. 農業要覽 作物病蟲害篇 4(1). 台灣省林廳.南投。
9. 蔡志濃、安寶貞、謝文瑞. 2005. 抑制褐根病菌、白紋羽菌及南方靈芝之化學藥劑篩選. 植病會刊 14: 115-124。

10. 澤田兼吉. 1928.樟立枯病菌.臺灣產菌類調查報告 4:86-91。
11. 澤田兼吉. 1942. *Bauhinia* 立枯病菌. 臺灣產菌類調查報告 7:97-98。
12. 澤田兼吉. 1943. 咖啡立枯病菌. 臺灣產菌類調查報告 9:149-150。
13. Almonicar, R. S. 1992. Two types of root rot diseases affecting *Acacia mangium*. Nitrogen Fixing Tree Research Reports 10: 94-95.
14. Ann, P. J., and Ko,W. H. 1992. Decline of longan: association with brown root rot caused by *Phellinus noxius*. Plant pathol. Bull. 1:19-25.
15. Ann, P. J., Chang, T. T., and Ko, W. H. 2002. *Phellinus noxius* brown root rot of fruit and ornamental trees in Taiwan. Plant Dis. 86: 820-826.
16. Ann, P. J., Lee, H. L., and Huang, T.C. 1999. Brown root rot of 10 fruit trees caused by *Phellinus noxius* in Taiwan. Plant Dis. 83:746-750.
17. A rulpragasam, P. V. 1988. Root diseases of tea. Tea Bulletin 8:23-29.
18. Bolland, L. 1984. *Phellinus noxius*: cause of a significant root-rot in Queensland hoop pine plantations. Aust. For. 47: 2-10.
19. Chang, T. T. 1992. Decline of some forest trees associated with borwn root rot caused by *Phellinus noxius*. Plant Pathol. Bull.1:90-95.
20. Chang, T. T. 1995. Decline of nine tree species associated with brown root rot caused by *Phellinus noxius* in Taiwian. Plant Dis. 79:962-965.
21. Chang, T. T. 1996. Survival of *Phellinus noxius* in soil and in the roots of dead host Plant. Phytopathology 86:272-276.
22. Chang, T. T. , and Chang, R. J. 1998. Generation of volatile ammonia from urea fungicidal to *Phellinus noxius* in infested wood in soil under controlled conditions. Plant Pathol. 48:337-334.
23. Chang, T. T., and Chou, W. N. 1999. Two new species of *Phellinus* from Taiwan. Mycol. Res. 103: 50-52.
24. Chang, T. T., and Yang. W. W. 1998. *Phellinus noxius* in Taiwian:Distribution, host plants and the pH and texture of the rhizosphere soils of infected host. Mycol. Res.102:1085-1088.
25. Corner, E. J. H. 1932. The identification of the brown root fungus. Gard.

Bull. Stratis Settl. 5:317-350.

26. Cunningham, G. H. 1965. Polyporaceae in New Zealand. N. Z. Dep. Sci. Ind.Res. Bull. 164:1-304.
27. Dennis, J. J. C. 1992. A new threat from brown root rot of cocoa, caused by *Phellinus noxius*, in Papua New Guinea. Plant Dis. 76:642.
28. Dennis, J. J. C. 1994. First report of pigeon pea root rot caused by *Phellinus noxius* in Papua New Guinea. Plant Dis. 78:316.
29. Geiger, J. P., Rio, B., Nicole, M., and Nandris, D. 1986. Biodegradation of *Hevea brasiliensis* wood by *Rigidoporus lignosus* and *Phellinus noxius*. Eur. J. For. Pathol. 16:147-159.
30. Gohet, E., Tran Van Cahn., Louanchi, M., and Despreaux, D. 1991. New developments in chemical control of white root disease of *Hevea brasiliensis* in Africa. Crop Prot. 10: 234-238.
31. Govindarajan, T. S. 1988. A review on the incidence of root diseases on coffee and their management. J. Coffee Res. 18: 16-28.
32. Hodges, C. S., and Tenorio, J. A. 1984. Root disease of *Delonix regia* and associated tree species in the Mariana Island caused by *Phellinus noxius*. Plant Dis. 68:334-336.
33. Jacob, C. K., Annajutty, J., and Jayarathnam, K. 1991. Effect of fungal antagonists on *Phellinus noxius* causing brown root disease of *Hevea*. Indian J. Nat. Rubber Res. 4: 142-145.
34. Kothandaraman, R., Kochuthresiamma, J., Mathew, J., and Rajalakshmi, V. K. 1991. Actinomycete population in the rhizosphere of *Hevea* and its inhibitory effect on *Phellinus noxius*. Indian J. Nat. Rubber Res. 4: 150-152.
35. Lim, T. K., Hamm, R. T., and Mohamad, R. B. 1990. Persistency and volatile behaviour of selected chemicals in treated soil against three basidiomycetous root disease pathogens. Tropical Pest Management 36:23-26.

36. Mouli, B. C. 1988. Root diseases of tea and their control. J. Coffee Res. 18:29-37.
37. Nandris, D., Nicole, M., and Geiger, J. P. 1987. Variation in virlence among *Rigidoporus lignosus* and *Phellinus noxius* isolates from West Africa. Fur. J. For. Pathol. 17-271-281.
38. Nandris, D., Nicole, M., and Geiger, J. P. 1988. Root-rot diseases of the rubber tree in the Ivory Coast. 1. Severity. Dynamics and characterization of epidemics. Can. J. For. Res. 18:1248-1254.
39. Neil, P. E. 1988. Root disease (*Phellinus noxius* (corner)G. H. Cunn.) of *Cordia alliodora* in Vanuatu. Commonw. For. Rev. 67:363-372.
40. Pegler, D. N., and Waterston, J. M. 1968. *Phellinus noxius*. C. M. I. Descriptions of pathogenic Fungi and Bacteria. No. 195.

ABSTRACT

Occurrence, diagnosis and control of brown root rot

Tsai, J. N[1,3]., Ann, P. J.[1], and Hsieh, W. H.[2]

[1] Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, COA, Wufeng, Taichung, Taiwan, R.O.C.

[2] Department of Plant Pathology, National Chung Hsing University, aichung, Taiwan

[3] Corresponding author, Email:tsaijn@tari.gov.tw

In recent years, *Phellinus noxius* was found to be widespread and destructive on many tree species throughout Taiwan. The disease causes considerable economic losses to growers each year. *Phellinus* spp. are the members of Basidiomycetes, and they consist 5 groups, 154 species, 67 forms and varieties. The fungus produces a brown colony on potato dextrose agar (PDA) with irregular dark brown lines or patches permeating the culture. Arthrospores and thichocytes, but not clamp connections, are commonly produced in culture. *P. noxius* is a high-temperature organism (10-36℃) with optimal growth near 28-32 ℃. The fungus prefers acidic conditions and is capable of growth at pH 4.5-7.0. *P. noxius* produces thin, hard, uneven basidiocarps similar to those found in nature. They are initially yellowish-brown with a white margin and later become brown and then dark gray. In addition to basidiospores, there are scant hymenial setae and narrow setal hyphae inside the basidiocarp. Fruiting body was not common in nature; It has only been founded on infected longan, litchi, sugar apple , bull oak, flame tree, camphor tree, small-leaved banyan, Indian rubber, and Taiwan melicope. Basidiospore produced on artificial saw dust medium is hyaline, single cell, oval, size 3.8-6.3 X 1.5-5.0 μm. Disease symptom of brown root rot were classed into rapid decline and slow decline. Root infected with *P. noxius* initially exhibits a brown discoloration of the wood just beneath the bark. In advanced stages of decay, the wood develops a soft, stringy white rot with a conspicuous network of brown zone lines. The outer bark surface appears rough because it is covered with a

layer of adhering soil particles and brown fungal mycelia. The inner bark is covered with white to brownish mycelial mat. *P. noxius* has a wide host range; it has been reported on more than 200 plant species in the world and over 130 plant species in Taiwan containing many fruit tree, ornamental tree and forest tree. *P. noxius* causes decline and death of ornamental trees planted on campuses, sightseeing places, and parks, and around private and public buildings. Nucleotide sequences of ITS1, 5.8S and ITS2 of 80 strains of *Phellinus noxius* obtained from 33 tree species at different geographic locations in Taiwan from 1991 to 2006 were analyzed. These strains were divided into two ITS types based on the nucleotide length, type L with 614 bp and types S with 606 bp. Majority of the strains belonged to type L. Both type L and type S were present at most counties of Taiwan. In order to develop a pair of specific primers for rapid and accurate diagnosis of the disease associated with the pathogen in the fields, the ribosomal DNA (rDNA) sequences in internal transcript spacer (ITS, including ITS1/5.8S/ITS2) regions from *P. noxius* and several other soil-borne fungi were studied. Based on the ITS sequences, a set of primers PN-1F/PN-2R was designed. The forward primer PN-1F sequence is "5'-agtttgcgctcatccatctc-3' " and the reverse primer PN-2R is "5'-agccgacttacgccagcag-3' ". Using PN-1F/PN-2R primers for PCR amplification under a setup condition and the fungal genomic DNA as templates, a distinct 414 bp or 422 bp fragment were amplified form *P. noxius*, whereas no PCR products can be amplified from other soil-borne fungi tested. The PCR could amplify the fragments recognizable within 3-4 hr when concentration of purified DNA was higher or equal to 0.01 ng. Meanwhile, similar amplified fragments were obtained when the diseased root tissues of *Dimocarpus longana* and *Acasia confusa* from *P. noxius* infested fields were used as templates. Results presented here suggest that the primer pairs PN-1F/PN-2R can be efficiency in auxiliary identifying *P. noxius* and accurately and rapidly detecting disease caused by the pathogen in the field. In order to search of effective control measures, potato dextrose agar amended with individual chemical was used to evaluate the effects of different concentrations of synthetic chemicals on suppression of *P. noxius*. Among the 45 chemicals tested against *P. noxius*, 25% propiconazole EC was most

effective, completely inhibiting the mycelial growth at the active ingredient dosage of 10 ppm. Bordeaux mixtures were also very effective in inhibiting mycelial growth. Another study was conducted to determine survival of *P. noxius* in infected stems of loquat buried in soil amended with fungicides, fertilizers, or by flooding. Results showed that treatment of soil with urea at 2.0 g/L soil or flooding of soil for 10 days completely eliminated the pathogen in the stems. A field trial was carried out on 3-5 year-old grapes in a field naturally infested with *P. noxius* in Shuili, Nantou. Results showed that soil drenching every 3 months with the solution containing 10 g 5% triadimefon+10 g urea+10 g $CaCO_3$ in 1 L of water was the most effective treatment with no infected grapevines developed in all the 60 plants after treating for 2.5 years. In contrast, 6 of 42 (14.3%) tested plants in the untreated control were killed by *P. noxius* in 2.5 years.

Key words：*Phellinus noxius*, brown root rot, phylogenetic assay, disease control